

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	双性イオン型自己組織化単分子膜の抗付着性のメカニズム
Title(English)	
著者(和文)	張嶺碩
Author(English)	Ryongsok Chang
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11402号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:林 智広,曾根 正人,和田 裕之,柘植 丈治,石田 忠
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11402号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	張 嶺碩	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	林 智広	准教授	石田 忠	准教授
	審査員	曾根 正人	教授		
		和田 裕之	准教授		
柘植 丈治		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「双性イオン型自己組織化単分子膜の抗付着性のメカニズム」と題し、和文で書かれ、全6章から構成されている。

第1章「序論」では、双性イオン型SAMの抗付着性のメカニズムについて今まで議論されてきた先行研究をまとめ、抗付着性を示す双性イオン型SAMの水和構造、および水素結合状態の解析が、抗付着性のメカニズムの解明、さらに将来の材料設計において必要不可欠である事を述べ、本研究の目的を述べている。

第2章「本研究で用いた主な表面・界面分析法」では、本研究で用いた原子間力顕微鏡法(Atomic force microscopy: AFM)、コロイドプローブ原子間力顕微鏡法(Colloid-probe atomic force microscopy: CP-AFM)、水晶振動子マイクロバランス(Quartz crystal microbalance: QCM)法、X線光電子分光法(X-ray photoelectron spectroscopy: XPS)および軟X線発光分光法(soft X-ray emission spectroscopy: XES)の原理について説明している。特にCP-AFMの項では水中での表面間力を記述する理論(DVLO理論、水和力)についても述べている。

第3章「混成イオン型自己組織化単分子膜の表面構造および水和構造と抗付着性との関係」では、抗タンパク質吸着・抗血小板接着性を示す混成イオン型SAM(Mixed-charged SAM: MC)の水和構造と抗付着性との関係を解析した結果について述べている。線維芽細胞の一種であるNIH/3T3細胞の接着量を測定した結果、MCは細胞に対しても抗付着性を示す事を示している。加えて周波数変調型原子間力顕微鏡法(Frequency-modulation atomic force microscopy: FM-AFM)により、水中でMCの表面近傍における周波数変化-距離曲線を取得し、解析した結果、MC近傍の水和構造を可視化することに成功している。さらに付着性を示す親水性SAMの水和殻に比べ、MCの水和殻は高い剛性を示す事が明らかにしている。これらの結果から、この極めて高い力学特性を示すMCの水和殻がタンパク質や細胞の接近を防いでいると結論している。

第4章「自己組織化単分子膜近傍の水分子の電子状態と抗付着性との関係」では、異なる物理化学的特性を有するSAMに対して、表面からバルクまでの領域の水分子の水素結合状態を、XESにより解析し、水分子の水素結合状態と抗付着性との関係について調べている。水分子の水素結合状態の解析により、抗付着性を示すSAM上では、付着性を示すSAMと比べ、表面から離れた領域においても、水素結合の少ない水分子の数が少ない事を報告している。

第5章「双性イオン型ペプチドからなる自己組織化単分子膜の抗付着性のメカニズム」では、双性イオン型ペプチドからなるSAM(ペプチドSAM)の抗付着性のメカニズムについて調べている。フィブリノーゲンの吸着量および血小板の接着量を測定した結果、EKおよびDK(SAMを構成するペプチドのアミノ酸配列はそれぞれ、EKEKEKEPPPPC、DKDKDKPPPPC)では抗付着性を示すのに対し、ERおよびDR(SAMを構成するペプチドのアミノ酸配列はそれぞれ、ERERERPPPPC、DRDRDRPPPPC)では付着性を示す事が判明している。加えて、CP-AFMによる表面間力測定の結果、抗付着性ペプチドSAM間では、厚さ3nmから4nmの水和層による斥力を観測している。これらの結果から、抗付着性ペプチドSAM表面近傍に存在する水和層がタンパク質や細胞の接近を防いでいると結論している。

第6章「総括」では本研究で得られた知見をまとめ、本論文と結論と共に今後の研究の展望を述べている。

以上を要するに本論文は、XESやAFMにより、抗付着性のメカニズムを明らかにする上で重要な、SAMの表面近傍の水分子の水素結合状態および構造化した水和層の存在を明らかにした事について述べ、本研究で得られた知見が、生体分子同士の凝集抑制メカニズムの解明に繋がる事について述べている。さらに過去に行われた様々な界面水分子の解析結果と界面現象の相関をまとめることにより、より包括的に界面水分子の界面における分子プロセスにおける役割を俯瞰的に述べており、理學上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(理学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。